

Types of Hearing Protection Devices and Application

Hyunwook Song¹, Seungyeop Jeong¹, Eunsung Lee¹, Nour Alsabbagh¹, Jangwon Lee¹,
Sunghwa You¹, Chanbeom Kwak¹, Saea Kim¹, and Woojae Han^{1,2}

¹Department of Speech Pathology and Audiology, Graduate School, Hallym University, Chuncheon; and

²Division of Speech Pathology and Audiology, Research Institute of Audiology and Speech Pathology, College of Natural Sciences, Hallym University, Chuncheon, Korea

최신 청력보호장비의 종류와 적용

송현욱¹ · 정승엽¹ · 이은성¹ · Nour Alsabbagh¹ · 이장원¹ · 유성화¹ · 곽찬범¹ · 김세아¹ · 한우재^{1,2}

한림대학교 일반대학원 언어병리청각학과,¹ 한림대학교 자연과학대학 언어청각학부, 청각언어연구소²

Since noise-induced hearing loss (NIHL) is one of prevalent issues in the occupational settings, hearing protection device (HPD) has been widely used to reduce noise exposure levels and to prevent developing NIHL. This review study aimed to introduce several types of the HPD in terms of current trends, its variety and functions, and application. Including a brief history of the HPD, we explain its two types, i.e., passive and active functions, in the first part of main body. The passive HPD has a flat attenuation across the overall frequency range, whereas the active HPD effectively preserves communication components such as meaningful speech with low intensity stimuli while filtering out the high levels of noise. In the second part of the main body, we discuss some negative issues of hearing functions when users are wearing the HPD. In detail, the active HPD does not much degrade the hearing performance for speech detection/recognition and sound source localization compared to the passive HPD. Rather, reduced sound (or music) quality is improved with active one in general. In the final part, we mention that although various applications in the special fields such as factory, mining, army, airplane, and music have been demonstrated, the usage and awareness of HPD in occupational aspect may not follow its fast technological development. Furthermore, most people do not know about either importance or use method of HPD in the non-occupational setting. For these reasons, we conclude that hearing professionals have to access the latest trends of the HPD and to increase their knowledge on it, and thus they should provide the best HPD prescription for the public as well as employees who have to protect their ears from hazard noise impacts.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2019;62(1):1-14

Key Words Active and passive devices · Hearing functions · Hearing protection devices · Noise-induced hearing loss · Public health.

Received June 14, 2018
Revised August 23, 2018
Accepted October 5, 2018
Address for correspondence
Woojae Han, PhD
Division of Speech Pathology and
Audiology, College of Natural
Sciences, Hallym University,
1 Hallymdaehak-gil, Chuncheon
24252, Korea
Tel +82-33-248-2216
Fax +82-33-256-3420
E-mail woojaehan@hallym.ac.kr

서 론

현대 사회에서 소음의 노출은 필연적이다. 특히 산업 현장에서 다양한 작업 공정 도중 발생한 고강도 소음에 노출되

는 근로자들은 청력 손실, 이명 등의 이과적 질환으로 고통을 받고, 그로 인한 이차적인 재해의 발생 및 작업 능력의 저하 등을 경험하게 된다. 근로자들의 반복적인 고강도 소음에 의한 노출은 영구적 소음성난청을 유발하고, 근로 시간은 물론 일상생활에서도 원활하지 못한 의사소통 능력으로 인해 큰 불편을 갖게 된다. 비직업적인 면에서도 현대인들은 장시간의 휴대용 음향기기의 사용, 스포츠 관람 시 발생하는 경기

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

및 응원 소음 등 유희적 소음에 노출은 물론 지하철 및 자동차 소음 등 환경 소음에 지속적으로 노출될 경우에도 소음성난청의 유발 가능성이 보고되었으며,¹⁾ 과거 특정 직업군으로 국한되었던 소음성난청이 일반 대중으로까지 점차 확대되고 있다. 따라서 소음성난청의 발생과 증가율을 감소시키기 위해서 전 세계적으로 청력보존프로그램(Hearing Conservation Program)의 체계적인 실시가 중요하게 인식되었다. 청력보존프로그램은 소음성난청을 예방하기 위한 목적으로 구성된 체계적인 프로그램이며,²⁾ 다음의 6가지 핵심 요소를 포함하고 있다: 1) 소음 측정(noise measurement), 2) 소음 통제(noise control), 3) 청력검사(audiometric testing), 4) 청력 보호(hearing protection), 5) 근로자 교육 및 훈련(employee education and training), 6) 기록 관리 및 추적(recording management and tracking).³⁾ 그중에서도 4번째의 청력 보호는 지속적으로 청력보호장비(hearing protection devices, HPD)를 착용함으로써 소음으로부터 노출 강도를 줄여주고, 궁극적으로는 소음성난청을 능동적으로 예방하여 발병률을 감소시키는 것이다.⁴⁾ HPD는 소음의 노출로부터 청력을 보호하기 위해 귀에 직접적으로 착용하는 장비이다.⁵⁾ 일반적으로 HPD의 착용은 노출 소음 강도의 약 20~30 dB 정도 감소시키는 것으로 보고되고 있으며,⁶⁾ 특히 이어플러그(ear plugs)와 이어머프(ear muffs) 등의 효율적인 착용은 노출되는 소음의 유의미한 감소 및 소음성난청의 예방에 매우 효과적이다.⁷⁾ 따라서 산업 현장과 같은 고강도의 소음 환경에서는 근로자들의 청력 손실을 예방하기 위해서 HPD의 착용을 필수적으로 요구한다.

HPD의 유형은 필요 목적에 따라 크게 4가지의 형태로 발전하였다. 첫째, 가장 일반적인 유형인 이어플러그는 사용자의 귀에 맞게 제작된 맞춤형 이어플러그(custom fit earplug)로써 적절한 착용감과 완벽한 소음차단 조건을 보장하기 위해서는 적합성 검사를 매년 수행하는 것이 바람직하다. 둘째, 이어캡(earcap or ear-canal cap)은 95 dB SPL 이하의 짧거나 간헐적인 소음 수준의 노출 상황에는 적합하지만, 이어플러그나 이어머프 만큼 소음을 효과적으로 감쇠시키지는 못한다. 셋째, 이어머프(ear muff)는 사용 목적에 따라 음향 필터를 다양하게 조절 혹은 교체할 수 있는 장점이 있어 소음감쇠에 매우 효과적이며, 사용자의 머리 사이즈에 알맞게 헤드밴드의 크기 조절이 가능하다. 또한 이어머프에 전술 헤드셋을 추가로 장착할 수 있어서 착용자의 청력 보호는 물론 군작전 중 혹은 항공기의 운항 시 타인과의 의사소통이 원활하다. 그러나 이어머프는 부피가 크고 무겁기 때문에 특수상황 외에는 만족스럽지 못하다는 단점이 있다. 마지막으로, 헬멧(helmet) 스타일은 안전모와 같이 외상으로부터 머리를 보호

하고 골전도 경로를 차단함으로써 기도전도는 물론 골도전도에 대한 소음의 감쇠 효과가 매우 우수하다. 또한 헬멧 양 끝으로 안전 고정 장치기 있어서 착용자의 머리 크기에 맞게 조절 가능하기에 편안한 착용감을 갖게 한다.⁸⁾

소음은 직접적 또는 간접적으로 현대인들의 생활에 부정적인 영향을 끼치는 등 중요한 문제로 대두됨에 따라 소음 노출로 인한 정신적인 피해 뿐만 아니라 육체적 피해로부터 보호하기 위한 소음 저감 수립을 위한 대책은 앞서 언급한 내용과 같이 그 중요성이 점차 증가하고 있다.¹⁾ 소리의 근원을 없애는 것이 가장 효과적인 방법이었지만 현실적으로는 직업 특성상 그리고 작업 상황상 시행하기 어려운 조건이 많다. 따라서 근래에 현실적으로 대두되고 있는 소음의 해결책 중 하나인 HPD를 상황에 맞는 적절한 타입으로 착용함으로써, 소음으로 인한 청력 손실과 여러 부가적인 피해를 예방할 수 있을 것이다. HPD의 분야에서도 과학기술의 발전에 따라, 이어플러그나 이어머프와 같이 일반적으로 전기를 사용하지 않는 수동적 청력보호장비(passive hearing protection devices, PHPD)에서 점차 전기 사용을 기반으로 다양한 기능을 탑재한 능동적 청력보호장비(active hearing protection devices, AHPD)로 빠르게 대체되고 있으며, 이는 직업적 소음으로부터의 노출은 물론 일상생활에서 발생하는 휴대용 음향기기, 경기 및 응원 소음 등과 같은 유희적 소음으로부터의 노출에서도 효과적인 예방법으로 인식되고 있다. 본 종설에서는 최신 기술이 적용된 HPD의 종류, 각각의 기능 및 특징, 소음 감소율 등의 기능을 소개하고, 관련 선행 연구 결과들을 분석하여 HPD의 착용으로 인해 저하된 소리 탐지 및 인지, 음질의 왜곡 등을 논의한다. 마지막으로 HPD의 착용이 필요한 현장과 앞으로의 방향을 제안하고자 한다.

History and Development of Hearing Protection Devices

인간이 존재하는 한 큰 소리에 대한 노출은 항상 존재해왔다. HPD의 본격적인 발전 이전에는 주로 손바닥 또는 손가락으로 귀를 막는 원초적인 방법을 사용함으로써 큰소리로부터 귀를 보호하려는 시도가 있었다.⁹⁾ 이후 산업의 발전으로 인해 소음에 대한 위험성이 증가하면서, 1884년에 최초로 이어플러그에 대한 특허가 등록되었고 군인 및 선원의 청력을 보호하기 위한 이어캡도 처음으로 등장하였다.¹⁰⁾ 1907년 독일의 Ohropax(Wehrheim, Germany)사는 발명가인 Max Negwer와 함께 본격적으로 이어플러그를 생산하였고, 1914년에는 일회용 이어플러그를 출시하였다. 그 무렵 발발한 제1차 세계대전 동안 군인들의 청력을 보호하기 위해 Mallock-

Armstrong(London, England) 이어플러그가 출시되었고, 제 2차 세계대전에서는 V-51R(Bilsom, Reston, VA, USA) 이어플러그와 적극적인 청력 보호 기능을 갖춘 이어머프가 순차적으로 개발되었다. 1950년대 후반에는 글라스다운(glass-down) 플러그가 개발되었고, Ray와 Cecilia Benner는 1962년에 최초의 실리콘 이어플러그를 발명하였다. 1970년대에는 착용의 편안함을 높이기 위해 폼 이어플러그(foam earplug)로 재질을 발전시켰고, 1980년대부터는 헬멧 형태를 포함하여 착용자의 선호도에 따라 다양한 모양, 색상, 크기를 갖춘 HPD가 생산되어 소비자들의 선택의 폭이 넓어졌다.

그 외에도 1988년에 개발된 정교한 맞춤형 뮤지션 이어플러그(customized musician earplug)는 수십만 명의 음악가들의 청력을 보호해 주었고, 이어플러그 착용 중에도 왜곡 없이 음악을 들을 수 있어서 공연 시 음악가들에게 애용되고 있다. Etymotic Research(Elk Grove Village, IL, USA)에서는 일반인들의 보편적인 사용을 위해 1990년 보급형의 ER-20(Elk Grove Village)를 개발하였고 이어팁이 교체 가능한 ER-20XS(Elk Grove Village)도 최근 출시하였다. 지난 100년 동

안 HPD의 상업적인 발전과 더불어 사용 환경에 따라, 소음 감쇠의 기능적 측면은 물론 사용자의 기호에 맞게 디자인 측면에서도 매우 다양하게 발전해왔다. Fig. 1에서는 각 특정 문헌과 매체에 HPD가 공식적으로 기록되기 시작한 이후의 출시 연도를 기준으로 18세기 후반부터 19세기 초반, 19세기 초반부터 19세기 중반, 19세기 중반부터 19세기 후반, 19세기 후반 이후 이렇게 4 파트로 나누어 간략하게 HPD의 역사를 정리하였다.

Passive Hearing Protection Devices

적극적인 청력 보호를 위해서는 효율적인 HPD의 사용이 매우 중요하다. 앞서 언급했듯이, 1884년 이어플러그가 등장한 이후 사용 환경에 따라 그 형태와 종류가 다양하게 발전되어 왔다.¹⁰⁾ 주변에서 흔히 접할 수 있거나 쉽게 구입 가능한 수동적 청력보호장비(PHPD)는 기성품으로 제작되어 빠르게 상용화되었고, 착용자의 환경과 HPD의 형태적 특징에 맞춰서 적절하게 사용하도록 권장되고 있다.¹¹⁾ 대표적인 PHPD의 중

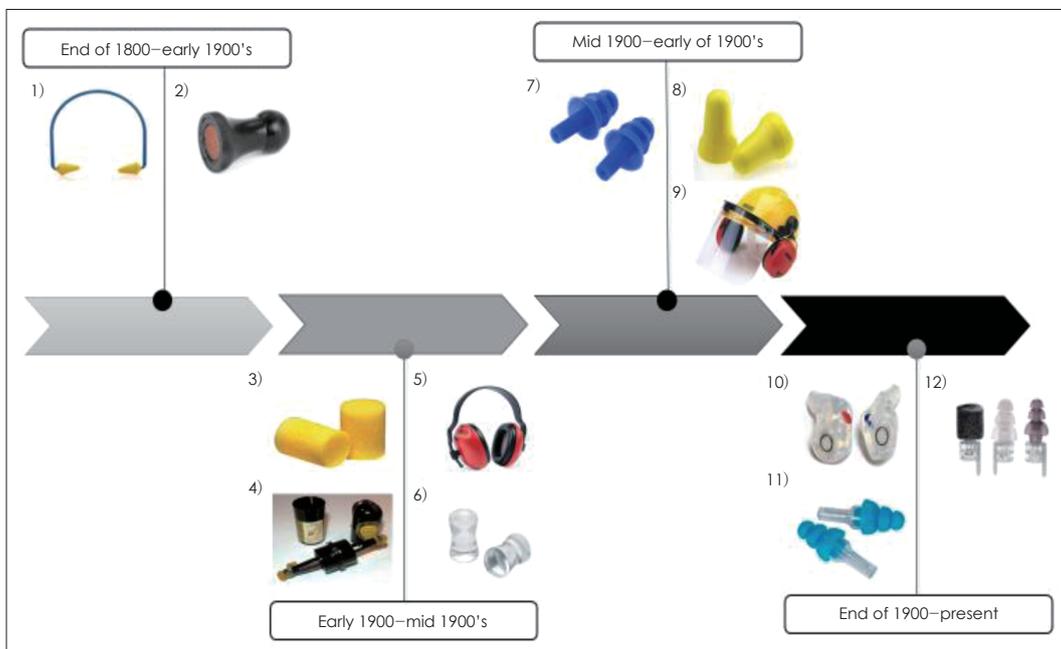
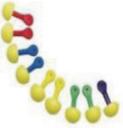


Fig. 1. An illustration of historical development in the hearing protection devices. 1) adapted from 3MTM. Available from: URL: https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~/3M-E-A-R-Caboflex-Model-600-Hearing-Protector-320-2001-100-Pair-Case/?N=5002385+3294780199&rt=rud#variation4,¹²⁾ 2) adapted from PHISICK. Available from: URL: <http://phisick.com/item/mallock-armstrong-ear-defenders/>,¹³⁾ 3) adapted from 3MTM. Available from: URL: <https://www.grainger.com/product/3M-33dB-Disposable-Cylinder-Shape-3NHJ5>,¹⁴⁾ 4) adapted from eBay. Available from: URL: <https://www.ebay.com/itm/WWII-Ear-Warden-Ear-PlugsV-51R-Size-Small-Free-Shipping-/291140883286>,¹⁵⁾ 5) adapted from SETON. Available from: URL: <https://www.seton.com/howard-leight-noise-blocking-qm24-earmuffs-6068c.html>,¹⁶⁾ 6) adapted from FreshTrends. Available from: URL: <https://www.freshTrends.com/cgi-bin/item/6176-6188>,¹⁷⁾ 7) adapted from AliExpress. Available from: URL: <https://www.aliexpress.com/item/Top-Quality-1-pair-Silicone-Ear-Plugs-Anti-Noise-Snore-Earplugs-Comfortable-For-Study-Sleep/32525145513.html>,¹⁸⁾ 8) adapted from 3MTM. Available from: URL: <http://www.waynesafety.com/shop/3m-e-a-r-e-z-fit-uncorded-foam-ear-plugs/>,¹⁹⁾ 9) adapted from Draper. Available from: URL: <https://www.amazon.co.uk/Draper-69933-Safety-Helmet-Defenders/dp/B0001KA1HQ>,²⁰⁾ 10) adapted from Perfect-FitTM. Available from: URL: <https://www.earplug-store.com/er915and25pr.html>,²¹⁾ 11) adapted from Westone. Available from: <https://www.parts-express.com/westone-ety-plug-etymotic-earplugs-baby-blue--242-3566>,²²⁾ 12) adapted from Etymotic. Available from: <https://www.guitarcenter.com/Etymotic-Research/ER20XS-Earplug-Universal-Fit-in-Clamshell.gc>.²³⁾

Table 1. Types of passive hearing protection devices and their main functions

Picture	Name	Feature	NRR (dB)	Target
	1) 1100/1110	<ul style="list-style-type: none"> • Small and easily carried • Anti-allergic material 	29	Public
	2) 1120/1130	<ul style="list-style-type: none"> • Much smoother material • Excellent adhesion to small-sized ears 	28	Public
	3) EAR Classic 30	<ul style="list-style-type: none"> • Comfortable fit because the pressure in the ear is not big with the poly vinyl chloride material • No color should show when viewed directly in front 	29–30	Public
	4) E-A-R Soft FX	<ul style="list-style-type: none"> • High damping effect • Relieve symptoms that fall from the ear canal 	33	Public
	5) Push-Ins With Grip Rings	<ul style="list-style-type: none"> • Ear plugs can be inserted immediately without having to say small before wearing • Low pollution concerns and hygienic 	30	Public
	6) Push-Ins	<ul style="list-style-type: none"> • Low pollution concerns and hygienic • Can be used immediately without wearing small before wearing 	28	Public
	7) Triple Flange	<ul style="list-style-type: none"> • Medical fit required • Jiggle into ear canal • Stick should show slightly 	25	Public
	8) Express	<ul style="list-style-type: none"> • Can be used immediately without wearing small before wearing • There is no need to touch earplugs, so there is less concern about pollution and hygienic 	25	Public
	9) E-A-R caps	<ul style="list-style-type: none"> • Various noise reduction ratings available • Easy to insert • Low damping effect 	17	Public
	10) Caboflex Model 600	<ul style="list-style-type: none"> • Silicone tips contain a foam core for an effective seal and good noise reduction • Flexible band can be worn under the chin for use with hard hats • Ideal for intermittent hearing protection needs • Replacement Pods also available 	17–20	Public

1, 2, 4, 5, 6, 8, 9) adapted from 3M™. Available from: URL: <http://multimedia.3m.com/mws/media/1381067O/04-hearing-protection.pdf>.²⁴⁾ 3, 7) adapted from 3M™. Available from: URL: <http://www.med.navy.mil/sites/nmcphc/Documents/oem/Hearing-Protection.pdf>.²⁵⁾ 10) adapted from 3M™. Available from: URL: <https://earinc.com/product/caboflex-model-600/>.²⁶⁾ NRR : Noise Reduction Rating

Table 2. Types of active hearing protection devices and their main functions

Picture	Name	Feature	NRR (dB)	Target
	1) 3M Peltor TEP-100 Tactical Digital Ear Plugs	<ul style="list-style-type: none"> • Portable charging compartment 	23	Military, tactical, repair and operations, shooting and hunting
	2) Etymotic Research GSP15 GunSport PRO High-Definition Electronic Earplugs	<ul style="list-style-type: none"> • Designed for gun sport enthusiasts 	>25	Professional shooters, guides and instructors, as well as gun sport
	3) Etymotic Research MusicPRO High-Fidelity Electronic Musicians Earplugs	<ul style="list-style-type: none"> • Provide either 9-dB or 15-dB protection 	9–15	Musicians, DJs
	4) Westone Defend Ear Digital Shooter Hearing Protection Ear Plugs	<ul style="list-style-type: none"> • With an NRR of 30 dB, they have one of the highest hearing protection levels in the range 	30	Shooting sports, hunting and outdoor recreation
	5) SportEar Ghost Stryke Ear Plugs	<ul style="list-style-type: none"> • Protects up to 30 dB 	30	Tactical, safety, auto-racing, sporting events and industrial applications
	6) Howard Leight by Honeywell Impact Sport Sound Amplification Electronic Shooting Earmuff (R-01526)	<ul style="list-style-type: none"> • Built-in directional microphones • Shuts off amplification when ambient sound reaches 82 dB 	22	Hunting
	7) 3M WorkTunes Hearing Protector with AM/FM Radio	<ul style="list-style-type: none"> • Great AM/FM radio performance • Bass boost option for enhanced listening experience • Auto-scanning • Voice assist technology 	24	Work
	8) Howard Leight by Honeywell Impact Pro Sound Amplification Electronic Earmuff	<ul style="list-style-type: none"> • Attenuate (or reduce the impact) of sounds above 82 dB • Built-in directional microphones 	30	Stationary shooting

Table 2. Types of active hearing protection devices and their main functions (continued)

Picture	Name	Feature	NRR (dB)	Target
	9) Howard Leight 1030110 Sync Noise-Blocking Stereo Earmuff	<ul style="list-style-type: none"> • Superior stereo sound quality • Use as passive hearing protector or as stereo earmuffs • Includes multiple attenuation levels 	25	Multi-purpose
	10) Earmor-Hearing Protection Earmuff for Helmets M31H	<ul style="list-style-type: none"> • Suppresses harmful noise above 82 dB • Amplifies low-level sounds • Independent 4x high end beats audio speakers for separate input audio device and ambient sounds 	22	Soldier

1) adapted from 3MTM. Available from: URL: https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~3M-PELTOR-Tactical-Earplug-TEP100-1-Kit-EA-Case/?N=5002385+3292682142&rt=rud,²⁷⁾ adapted from ETYMOTIC. Available from: URL: <https://www.etymotic.com/consumer/hearing-protection/gsp15.html>,²⁸⁾ 3) adapted from Etymotic. Available from: URL: <https://www.etymotic.com/consumer/hearing-protection/mp915.html>,²⁹⁾ 4) adapted from Westone. Available from: URL: <https://www.westone.com/store/defendear/index.php/defendear-shooter>,³⁰⁾ 5) adapted from SportEAR. Available from: URL: <https://www.sportear.com/products/ghost-stryke-black?variant=39487162254>,³¹⁾ 6) adapted from Honeywell. Available from: URL: https://www.honeywellsafety.com/Products/Hearing/Hearing_Protection/Impact_Sound_Amplification_Earmuff.aspx?site=Europe,³²⁾ 7) adapted from 3MTM. Available from: URL: https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~3M-Digital-WorkTunes-Hearing-Protector-and-AM-FM-Stereo-Radio-featuring-Voice-Assist/?N=5002385+3294427467&rt=rud,³³⁾ 8) adapted from Honeywell. Available from: URL: https://www.honeywellsafety.com/Products/Hearing/Hearing_Protection/Impact_Pro.aspx?site=au,³⁴⁾ 9) adapted from Honeywell. Available from: URL: <http://www.howardleight.com/ear-muffs/sync>,³⁵⁾ 10) adapted from Honeywell. Available from: URL: <https://www.specshop.pl/product-eng-16763-Earmor-Hearing-Protection-Earmuff-for-Helmets-M31H-Mod-1-Black.html>.³⁶⁾ NRR: Noise Reduction Rating

류, 형태, 그리고 특징들을 한눈에 알아보기 쉽게 Table 1에서 정리하였다.

Active Hearing Protection Devices

1982년 Abel 등³⁷⁾의 연구에서는 HPD의 착용이 신호대잡음비(signal-to-noise ratio, SNR)를 감소시키기 때문에, 착용 동안 소리에 집중하지 않을 시 신호음을 인지하는데 10~20%의 추가적인 감소가 나타난다고 보고하였다. 이는 난청이 있을 경우 더 심각한 문제를 초래할 수 있다. 이러한 PHPD의 문제점을 보완하여, 원치 않는 소음은 효과적으로 감소시키지만 말소리 등의 원하는 신호음은 비교적 편하게 들을 수 있는 장치로서 능동적 청력보호장비(AHPD)가 개발되었다.³⁸⁾

AHPD는 전원이 공급되는 전자기기의 일종으로써, 일반적으로 특정 배경 소음만 차단하여 청취하고자 하는 소리는 비교적 잘 전달하는 기능을 포함하고 있다. AHPD 역시 형태에 따라 이어플러그, 이어머프, 헬멧 등으로 구분되며, 그 소음 차단 수준에 따라 산업계 근로자, 군인, 음악가와 같이 빈번히 소음에 노출이 되는 특정 직업인들부터 사격, 사냥, 스포츠 활동 등의 취미 생활을 즐기는 일반인들에게까지 다양하게 적용될 수 있다. 대표적 모델, 특징, 소음 감소율 등을 포함하여 최신화된 AHPD를 Table 2에 정리하였다. 구체적

으로, 음악가나 디스크자키에게 적용 가능한 AHPD는 일정 수준 이상의 큰 소음이 들어가면 소리를 차단하며 9~15 dB까지 소음을 감쇠시키고, 총격음과 같은 충격음에 노출되는 사람들에게 적합한 AHPD는 22~30 dB까지 소음을 감쇠하는 기능을 탑재하고 있다. 또한, 방향성 마이크를 통한 특정 방향의 소리에 대한 증폭, AM/FM 라디오 수신, 오디오 입력 장치와 같이 소음 환경 중에서도 신호음 청취를 위한 고성능도 다양하게 포함하고 있다.

Hearing Functions with Protection Devices

Speech detection & recognition performance

고기능의 HPD가 개발되면서 HPD 착용 유무에 따른 사용자들의 청력 기능을 비교하는 연구들이 등장하였고, 간단한 청력검사부터 담화를 활용한 어음까지 소음 상황에서 HPD의 성능을 다양하게 평가하였다. 예를 들어, Brown 등³⁹⁾의 연구에서는 정상 청력 성인을 대상으로 PHPD인 Combat Arms (3M, Maplewood, MN, USA)와 AHPD인 EB15(Etymotic Research, Elk Grove Village, IL, USA)와 Hybrid(Heros, Aliso Viejo, CA, USA)를 비교하기 위해 순음청력검사와 QuickSIN 검사를 실시하였다. QuickSIN 검사에서는 신호대잡음비를

+25 dB SNR 부터 5 dB 간격으로 점점 소음을 높이면서 대상자에게 소음 속에서 제시된 문장을 듣고 따라 말하도록 요청하고 목표 단어의 정·오답을 확인하였다. 검사 결과, EB15, Hybrid, Combat Arms 순으로 유의미하게 높은 점수를 나타내어 HPD를 착용한 상태로 진행되었던 순음청력검사 결과와의 유사성을 보여주었다. 특히, Combat Arms의 착용 시 2000 Hz에서 역치가 다른 AHPD보다 약 10 dB HL 더 높았다. 한편, Letowski 등⁴⁰⁾은 Brown 등³⁹⁾의 연구와 대상자 조건은 동일하였지만 HPD의 다른 종류 및 자극음을 적용하여 실험하였다. 구체적으로 E.A.R. foam earplug(Aearo, Indianapolis, IN, USA)를 이용하였으며 대상자에게 warble tone을 제시하여, HPD 착용 후 4가지 환경에서 역치의 차이를 확인하였다.⁴⁰⁾ 4가지 검사 조건은 1) 소음이 제시되지 않고 HPD를 착용하지 않는 상황, 2) 소음이 제시되지 않지만 HPD를 착용한 상황, 3) 100 dB(A)의 배경 소음이 제시되며 HPD를 착용한 상황, 4) 100 dB(A)의 소음이 제시되지만 HPD를 착용하지 않는 상황이었다. 소음이 제시된 상황에서는 HPD 유무에 따른 청력 역치 차이가 0.5~6 dB 정도로 크지 않았지만, 소음이 없는 상황에서의 역치 차이는 약 26~44.5 dB로 나타나, 오히려 소음 환경에서 HPD 착용 이득이 두드러지지 않았다. 즉, HPD를 사용하였을 때 귀를 보호할 수 있는 정도를 이득이 있다 혹은 없다 라고 할 때, 소음 환경에서는 이득이 없다고 판단할 수 있으나, 약 10년 후에 출간된 Fernandes⁴¹⁾의 연구에서는 소음 하 단음절 검사 시 HPD 착용 유무에 따라 유의미한 차이를 증명하였다.

Fernandes⁴¹⁾의 연구에서는 정상 청력 성인을 대상으로 4종류의 HPD(e.g., 이어플러그 타입 2개와 이어머프 타입 2개)를 -10, -5, 0, +5, +10 dB SNR의 핑크 노이즈의 배경 소음에 노출하였고, 단음절 제시 강도 60, 70, 80, 90 dB(A)의 단어 제시 강도에서 5번씩 단음절을 반복하여 들려주었다.^{40,41)} HPD를 착용하고 진행되었던 검사 결과와 HPD를 착용하지 않고 진행되었던 검사 결과는 유의미한 차이가 나타났으며, 효과면에서 이어플러그 타입이 이어머프 타입보다 더 효율적이었다.

Tufts와 Frank 등⁴²⁾의 또 다른 연구에서는 핑크 노이즈를 배경 소음에서 단어 대신 담화를 제시하였다. 연구 대상자가 듣고 따라 말하는 방식이었던 선행 연구들과는 달리, 소음을 듣고 있는 다른 사람이 이해할 수 있는 강도로 대상자가 담화를 읽어주고 그 읽은 담화의 크기를 소음측정기로 측정하였다. 정상청력의 연구 대상자들은 foam earplug와 flange earplug의 HPD를 착용하였고, TDH-49를 통해 60, 70, 80, 90, 100 dB SPL의 핑크 노이즈에 노출되었다. 제시 강도의 증가 시 전반적으로 대상자의 목소리 크기 또한 증가하였으나, 그 증가량은 배경 소음의 증가량보다는 크지 않았다. 특

히 foam earplug를 착용하였을 때 대상자의 목소리 크기가 가장 컸다. 유사한 방식으로 Abel 등⁴³⁾의 연구에서는 정상청력 성인, 정상청력 중년, 난청의 중년 대상자들로 구성된 총 3개 그룹이 참여하였다. 먼저, 정상청력인 대상자들과 경중도의 난청이 있는 대상자들 간의 HPD 착용에 따른 어음 인지와 역치를 비교하고, 노화에 따른 영향을 고려하여 정상청력 중년 그룹을 추가하였다. 대상자들은 PHPD인 E.A.R. 9000(Aearo)과 AHPD인 Bilsom 2390(Bilsom)을 착용한 상태에서 청력역치검사, 자음식별검사, 단어인지도 검사를 하였다. 난청 중년 그룹과 정상청력 중년 그룹의 자음식별검사와 단어인지 검사 결과는 큰 차이가 나타나지 않아, HPD의 착용이 노화에 대한 영향보다 난청의 영향이 더 높음을 확인하였다. 특히 단어인지도 검사에서, 난청이 있는 대상자들은 HPD 착용 여부에 따라 나타난 결과 간 차이가 정상청력 성인 및 중년 그룹보다 컸으며 Bilsom 2390이 E.A.R. 9000보다 단어인지검사에서 맞춘 개수가 많았다. Bilsom 2390과 E.A.R. 9000 간의 결과값 차이는 조용한 상황에서만 두드러졌으며 소음 상황에서는 큰 차이가 없었다. 조용한 상황에서 정상청력 성인 그룹과 정상청력 중년 그룹은 Bilsom 2390을 착용하였을 때 단어인지검사의 정답률이 E.A.R. 9000보다 높았지만 반대로 소음이 제시된 상황에서는 E.A.R. 9000을 착용하였을 때의 정답률은 Bilsom 2390보다 높았다. 이러한 연구들을 통해 HPD 착용은 소음으로부터 청력을 보호하지만 소음 상황에서의 말 이해력 또한 감소함을 확인할 수 있다.³⁹⁾

Sound source localization

양이차이가설(interaural difference hypothesis)과 이개이론(pinna theory)에 따르면, HPD의 착용으로 인해 방위각이나 고도에서 음원의 위치를 분별하는데 방해가 받게 된다.^{39,43-46)} 양이차이가설은 양 귀의 신호의 시간, 위상, 강도의 차이를 통하여 위치 분별에 절대적인 영향을 끼치고,⁴⁵⁾ 이개이론은 이개로 들어오는 많은 음파들이 반사를 일으켜 외이도 진입 시 여러 경로를 만들고 만든다. 그리고 이는 귀의 측분별 능력에 영향을 미친다. 그러나 기존의 연구 결과에서는 HPD의 착용으로 인한 부정적인 효과는 두 개의 이론들 중 양이차이가설에 의해 보다 많이 지지받았다. Simpson 등⁴⁷⁾의 연구 결과, 이중청력보조장치의 착용으로 인해 소리 위치 파악 능력이 크게 저하되었다. 즉, 양 귀에 청력보조장치를 사용하면 두 귀 사이의 양측성에 차이가 발생하였다. 또한 소리 위치 확인을 위해, Noble과 Russell⁴⁴⁾은 standard earmuffs, modified ear muffs, earplugs의 세 종류의 HPD를 사용하여 두 가지 실험을 실시하였다. 중앙에 위치한 실험 대상자는 여러 방향에서 제시되는 1 kHz의 순음과 백색 소음의 신호음을 듣고,

전후방(front-rear), 반대측(contralateral) 및 인접 측면에서 오는 소음의 위치를 확인하였다. 대상자들은 주로 순음의 신호보다 백색 소음의 신호에 대해 더 정확한 응답을 나타냈고, 일반적인 이어머프 타입의 HPD를 사용했을 때 정확도가 더 낮게 나타났다. 이에 반해, Zimpfer과 Sarafian⁴⁶⁾의 연구에서는 AHPD를 적용하여 앞과 뒤의 소리 구분에서 오류가 현저히 감소한 것을 증명하였다. 즉, 일반적인 HPD의 사용 시 전과 후의 혼란을 증가시키는 원인인 양이스펙트럼 차이(interaural spectral difference)가 talk through의 시스템을 갖춘 AHPD의 사용으로 변화될 수 있음을 보여주었다.

Sound and music quality

HPD의 사용이 소리 및 음악 인지에 미치는 영향은 음악 분야에서 두드러지게 나타났고, 대표적인 부정적인 특징으로는 음조 차별의 어려움, 폐쇄효과(occlusion effect)의 인식, 음색 변화 등으로 보고되었다.⁴⁸⁻⁵¹⁾ Killion은 적당한 크기의 음악이 제시되면 고주파 난청의 트럼펫 연주자가 HPD를 착용하였을 때 배음을 듣지 못한다고 보고하였다.⁴⁸⁾ 또한 트럼펫을 크게 연주할 때 음악가들은 “fortissimo blare”라고 불리는 거슬리는 소리가 HPD의 착용으로 사라지지만, 착용하지 않은 반대측 귀에서는 여전히 인지되었다. O'Brien과 Beach⁴⁹⁾의 연구에서는 음악 노출 및 HPD의 사용과 관련된 문제들을 조사하였다. 즉, HPD를 사용했을 때 음악가들 중 41%가 다른 음악가들과의 균형을 맞추는데 어려움이 있었고, 또 다른 40%의 음악가들은 인토네이션에 문제가 있다고 보고하였다. 또한 52%는 다른 음악가의 연주를 듣기에 문제가 있었고 37%는 자신의 연주를 듣는데 문제가 있다고 보고하였다. 특히 음악 인지에서의 고주파의 음향적 특징은 청력보호장치 사용으로 대부분 왜곡되는 것으로 보고되었다. 그러나 Laitinen과 Poulsen⁵⁰⁾의 연구에서는 음악가들이 연주 중에 HPD의 사용으로 연주를 하는데 어렵고, 음질이 떨어지며 인토네이션에 문제가 있다는 것에 대해 이의를 제기하였다. 따라서 Santoni와 Fiorini⁵¹⁾ HPD 사용과 관련된 음질 문제를 보다 광범위하게 조사하였고, 음악가들의 HPD 사용이 밴드 악기의 음질 및 음색에 대한 인식, 저주파수 음의 인식 및 보컬리스트의 목소리 등에 변화를 야기했다고 결론지었다.

Current Application in the Field

In the factory

2008년 고용노동부 보고에 따르면, 국내의 경우 전체 제조업의 46.4%가 소음이 발생하는 부서이고, 이 중 90 dBA를 초과하는 사업장이 31~58%에 이른다. 제조업 종사자들의

10.2%가 작업장 소음에 지속적으로 노출되기 때문에 소음성 난청 환자가 발생할 위험이 매우 높다. 한 국내 연구에서는 인천광역시 31개 업체를 대상으로 소음 정도를 측정하고 업종에 따라 분류하였는데, 금속주조업은 90~102 dBA, 기타 기계 및 장비 제조업은 88~109 dBA, 동물용 사료 및 조제식품 제조업은 92~111 dBA, 박판·합판 및 강화목제품 제조업은 90~97 dBA, 자동차 부품 제조업은 83~97 dBA, 그 외 기타 전자부품 제조업은 83~98 dBA으로 대부분의 공장 제조업의 근로 환경이 큰 소음에 노출되고 있었다.⁵²⁾ 이렇게 큰 소음에 지속적으로 노출로 인한 산업재해를 줄이고자 안전보건공단에서는 청력보존프로그램 시행지침에 따라 85 dBA 이상의 소음 폭로 작업에 근로자를 종사하도록 하는 경우 근로자에게 HPD를 개인별로 지급하고 착용하도록 하고 있다. HPD 선정 시에는 근로자가 노출되고 있는 소음의 특성과 작업 특성을 고려해야 하고, 한국산업안전공단의 검정을 필한 제품으로 근로자에게 제공하도록 하고 있다. 구체적으로는 처음부터 고음까지 차음하는 1종 귀마개(earplug-1, EP-1), 주로 고음을 차음하여 회화음영역인 저음은 차음하지 않는 2종 귀마개(EP-2), 그리고 귀덮개(earmuff, EM)를 제시하고 있다. 또한 HPD의 적절한 선정을 위해서는 근로자의 신체적 조건에 맞는 모양과 크기 및 청력 보호구의 성능이 고려되어야 하고, 올바른 착용 및 관리 방법에 대한 교육도 제공되어야 한다.

At mining

광산 근로자는 채광, 광물의 파분쇄, 이송 과정 등 대부분의 공정에서 소음에 노출될 수 있다. McBride⁵³⁾는 작업장에서 사용되는 장비의 소음 크기를 조사하였는데, 절삭 장비가 83~93 dB로 가장 낮았고 공압식 타각기가 114~120 dB로 최대로 나타나, 대부분의 광산 장비의 소음이 상당히 높은 수준임을 확인하였다. 국내의 보고자료로서 한국광해관리공단이 2016년 발간한 광해관리백서에서 광업에 따른 소음 노출은 주로 채광 과정에서의 화약 발파와 광물의 파분쇄, 광산 기계 운전에서 발생된다고 언급하였다. 이러한 광업 소음을 규제하는 방안으로 광산안전법에서 광산근로자에 대한 소음 노출을 광해로 규정하고 있고, 발파 소음 노출을 규제하는 방안으로 소음진동관리법 시행규칙에서 규정한 생활소음·진동의 규제 기준 중에서 사업장 규제기준을 적용하도록 되어 있다. 소음 및 충격소음발생에 대한 조치(광산보안법 제 180조 1, 2항)는 1년에 한 번 작업장 소음 측정을 의무화하고, 제51조 규정에 의한 기준치 이상인 경우, 충격 소음을 감소시킬 수 있는 조치를 취해야 하며, 광산 근로자는 소음에 노출되는 것을 방지하기 위하여 귀마개 등 청력보호장구를 착용

용해야 한다고 규정하고 있다. 이에 따른 한국산업안전공단의 청력 보호구 예시는 귀마개인 EP-1, EP-2, 귀덮개인 EM이 있으며, 1000 Hz를 기준으로 각 청력 보호구 예시의 EP-1은 20 dB 이상의 차음 효과를 보였고, EP-2는 20 dB 미만, EM은 25 dB 이상의 차음 효과를 보였다.⁵⁴⁾ 그러나 이 정도의 차음 효과는 평균 100 dB 이상의 소음에 노출되는 광산 근로자에게는 충분치 않을 것으로 생각된다. 한국광해관리공단은 광산의 소음 발생을 저감 또는 방지할 수 있는 시설을 설치하는 사업을 시행하고 있으나, 방음벽 설치를 발파 소음 차단 방법만을 제시하고 있을 뿐 아직 구체적인 소음 발생 방지책은 제한적이다.

For the army

군인은 직업적 특성상 과도한 충격음 및 고강도의 지속적인 소음에 노출되는 반면, 군사 작전 중 원활한 의사소통을 위해 청력이 매우 중요하다. 그로 인해 군대 내 청력보존프로그램은 작전 중 발생하는 소음성난청의 예방 및 피해의 최소화 뿐 아니라, 작전 중 원활한 의사소통 능력을 유지하는데 목적을 갖고 있다.⁵⁵⁾ 미국 육군부의 미군청력프로그램(Army Hearing Program)에 따르면, 작전 중 잠재적으로 위험한 소음 지역에 배치된 모든 군인 및 관련 근로자는 청력을 보호하기 위해 Table 3의 기준에 따라 적절한 HPD를 착용하도록 지시하고 있다.⁵⁶⁾

각각의 HPD는 노출되는 주변 소음 상황에 따라 달라지며, 의학적/환경적 이유로 제한되지 않는 이상 HPD를 선택하여 착용할 수 있다. 이어플러그는 착용 목적에 따라 6가지 종류로 나뉘어진다. 플렌지 이어플러그는 3중겹 혹은 4중겹으로 이뤄진 형태로 항공기, 발전기 등 지속적인 소음에 대한 보호가 필요한 경우 가장 적합하다.⁵⁷⁾ 폼 이어플러그는 개인별 맞춤형이 필요하지 않은 일회용의 이어플러그로서, 간헐적인 소음을 피하고 헬멧과 함께 사용하기에 적합하다. 음악가용 이어플러그는 특정 주파수에 걸쳐 소음 감쇄를 제공하므로 소리의 작은 차이를 구분해야 하는 군대 내 음악가 또는 청취자에게 권장된다. 맞춤형 이어플러그는 기존 이어플러그의 착용에 어려움이 있는 대상자들에게 제공된다. 이어캡은 95

dBA 이하의 소음 환경에 적절하기 때문에, 저공해 소음, 산업형의 작업환경에 적합하지만 충격음의 보호에는 적절치 않다. 마지막으로 이중 기능 선형 및 비선형 이어플러그는 두 가지 유형의 HPD를 하나의 장치에 결합한 형태로써, 지속적인 소음 방지 모드와 충격음 보호 모드의 두 가지 방식으로 상황에 따라 변경이 가능하다. 이러한 이어플러그는 기본적으로 개인 맞춤형으로 제작되며 여분의 이어플러그까지 일반적으로 두 세트의 이어플러그를 지급받는다. 효과적인 청력 보호를 위해 매년 보정이 이뤄지며, HPD의 선택, 사용, 관리법 등 병사들을 대상으로 주기적인 연간 교육이 이루어진다.

통합헬멧시스템은 헬멧형 HPD 기능과 무선 통신기능을 결합한 형태이다. 차량 등 운송수단 탑승자, 비행기 조종사에게 제공되며, 고정된 끈으로 결합 시 최대 소음 감소 기능을 제공한다. 전술 통신 및 보호 시스템이란, 군사작전 및 훈련 중 군인의 청력 보호 및 의사소통 능력의 손실을 막기 위해 고안된 active electronic filters로써, 고강도의 충격음으로부터 청력 손실을 방지하고, 저강도의 소리를 증폭 및 무선 통신을 가능하게 하여 의사소통을 원활하게 한다. 이상적으로는 over the ear TCAPS가 차량 등에 탑승한 형태의 작전 중에, in the ear TCAPS는 도보 작전 중에 더 큰 이점을 제공한다. 이처럼, HPD는 노출되는 소음 환경에 따라 착용 종류 및 적용 필터가 달라지기 때문에, 보호장비의 선택은 소음의 유형 및 강도, 기능 요구 사항 및 기존 통신 장비와의 호환성 등을 고려하는 것이 무엇보다 중요하다. 만일 HPD가 각 병사들의 소음 노출 환경 및 장비 종류가 적절히 고려되지 않는다면 보호가 적절히 이뤄지지 못하기 때문에, 노출 환경에 맞는 HPD의 착용이 이행되어야 한다.

2014년 장애인 실태조사라는 한국보건사회연구원의 정책 보고서에 따라, 후천적 청각장애 발생시기의 남녀 성비 차이가 1~2% 이내로 미비한 다른 연령대와는 다르게, 20~29세의 청각장애 발생률은 남성이 여성보다 3.6% 더 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 그중 두드러지는 이유로는 국내의 경우 미국과는 다르게, 국가에서 의무적으로 징병제 방식으로 모집하는 군 제도를 통해 20대 초반의 남성들이 군 복무를 수행하게 되면서 총기 및 화기로 인한 큰 소리에 자주 노출되고

Table 3. Hearing protector requirements in the US army

Noise type	Noise level	Regulation for HPD
Steady-state noise	85–103 dBA TWA	Single hearing protection (earplug or earmuff)
	103–108 dBA TWA	Double hearing protection (earplug and noise muff/helmet)
	>108 dBA TWA	Not permitted (exception: at-ear levels are reduced to a TWA of 85 dBA or less)
Impulse noise	140–165 dBp	Single hearing protection (earplug or earmuff)
	165 dBp–curve Z	Double hearing protection (earplug and noise muff/helmet)
	>curve Z	Not permitted (exception: at-ear levels are reduced to a TWA of 85 dBA or less)

HPD: hearing protection device, TWE: time-weighted average

있기 때문이다.⁵⁸⁾ 국가인권위원회는 2012년 점차 군 복무 중 고강도의 소음 노출과 그로 인한 청각적 피해에 대한 인식이 높아지면서, 군 복무로 인한 이명 피해 예방 및 피해자 구제 방안 마련이라는 주제로 보도하였는데, 미국, 캐나다, 호주 등 국외의 전역 군인 중 약 9.5%가 소음성으로 인한 이명으로 진단되는 것에 비해, 국내에서는 군 전역자 중 단지 309명만이 이명장애로 집계되어 더 많은 수의 군 이명 피해자가 더 있을 것으로 추정하고 있다. 전문가들은 이에 대한 구체적인 구제 방안이 마련되어야 한다고 주장하고 있으며,⁵⁹⁾ 군 복무로 인해서 청력 손실 및 이명 피해자가 꾸준히 증가하고 있다는 점에서 군인들의 소음 노출 측정 평가, 주기적 청력검사 실시, HPD의 올바른 착용을 주요 내용으로 하는 군대 내에서의 청력보존프로그램의 필요성이 점차 중요해지고 있다.

In the airplane

미국 공군에서 제시하는 HPD는 육군과 크게 다르지 않으나, active noise reduction(ANR), 의사소통 이어머프/헤드셋 등을 활용하여 지속적인 항공기 소음으로 인한 의사소통 능력 저하 및 청력 손실을 예방한다.⁶⁰⁾ ANR은 보청기의 noise cancelation과 유사한 원리로서 제시된 소리와 반대되는 위상을 발생시켜 소음을 감소할 수 있게 하며, 이는 지속적으로 발생하는 항공 소음의 감소에 매우 효과적이다. 반면, 의사소통 이어머프/헤드셋은 ANR을 통해 주변 소음을 상쇄시키는 동시에 음성통신이 가능하게 하여, 조종사 및 관련 직무 종사자의 청력을 보호하고 원활한 의사소통을 가능하게 한다. 미국 교통부에 따르면, 노출 기간에 관계없이 82 dBA 이상의 소음에 노출되는 모든 항공 관련 근로자는 청력 보호를 받아야 하며, 85 dBA 또는 140 dBp 이상의 소음에 노출되는 근로자에게 HPD가 제공되어야 한다.⁶¹⁾ 일반적으로 제공되는 HPD는 ANSI S12.6-2008에 명시된 가장 최근화된 검사법을 사용하여 최소 25 dB의 소음 감소율과, 노출되는 소음 수준을 82 dBA 이하로 낮출 수 있는 보호 기능을 갖추어야 한다. 승인된 청력보조 장비는 청력보존프로그램 담당자를 통해 여러 종류의 이어플러그 및 이어머프를 지급받는다. 항공기 및 헬리콥터 조종사의 경우, 앞선 육군 및 공군에서 볼 수 있었던, 조종사 헬멧을 통해 착용자의 청력을 보호하며, 무선 통신을 가능하게 하여 의사소통을 원활하도록 한다.

또한 1960년대부터 현재까지 군인들을 위한 군 청력프로그램을 효율적으로 실시해오고 있는 미국의 군부대에서는 복무 중 뿐만 아니라 전역 후에도 지속적으로 적절한 청각적 관리와 보상을 실시해오고 있다.⁸⁾ 국내의 경우도 훈련 시, 소음 발생장소에서 근무할 경우 청력 손상을 방지하기 위하여 이어플러그나 귀 덮개 착용을 문서화하고 있으며 개인 청력보

호구를 착용하고 작업 시 작업 간 의사소통이 제한될 경우에는 수신호 등을 활용하여 보완하고 있다. 또한 군인에게 소음성난청이 발생하였을 경우에는 요관찰자 혹은 유소견자로 구별하여 적절한 조치를 취하고 있다. 그러나 체계적으로 진행되고 있는 미군의 청력보존프로그램에 비하면 아직 제도화되어 정착되어야 할 부분이 많은 것은 사실이다.

일반적인 사업체에 근무하기 전부터 젊은 나이에 의무적으로 장기간 군 복무를 해야 하는 국내의 군제도 상황을 고려한다면, 군에서의 소음 노출은 군 기간 동안만의 문제가 아닌 추후 사업장에서 소음 노출 근로자에 대한 청력관리 측면에서 문제 시 될 수 있으므로 HPD를 포함한 국가 차원의 적극적인 지원 및 개선하고자 하는 노력이 필요하다.

In the Hospital

소음은 기계, 기구, 시설 등 물체의 사용 또는 환경부령으로 정하는 사람의 활동으로 인하여 발생하는 강한 소리를 말하는데 고소음이 발생하는 직업군에서 뿐만 아니라 수술 및 시술이 진행되는 병원에서도 예외는 아니다. 소음으로 인한 신체적인 영향은 심박동 수와 호흡수의 증가, 혈관 수축으로 인한 혈압상승, 오심, 동통, 근육활동의 증가, 영구적인 청력 손실, 피로움, 수면장애, 대화와 사고장애, 작업능률 저하 등을 다양한 영향을 일으킬 수 있다. 수술실에서의 평균 소음 범위는 60~65 dB로 측정되며,⁶²⁾ 세계보건기구(WHO)의 환경소음 관리지침(Guidelines for Community Noise)에서는 밤시간 동안 병원의 병실은 30 dB(A) 이하의 상태를 권고하고 있는 만큼 병원에서의 소음은 무시할 수 없는 수준임을 알 수 있다. 병원에서의 대부분의 소음은 수술 및 시술을 준비하는 기간 동안 발생하게 된다. 수술하는 동안 계속되는 소음으로는 마취기의 경우 65 dB, 마취기 scavenger는 70 dB, 흡인기는 73 dB, 마취기 알람과 수술기구 조작 시 나는 소음은 54~75 dB이며 수술실에서 사람들의 대화 소리의 경우도 60 dB로 측정되었다.⁶³⁾ 수술실 내 의료진들에게 예상치 못하고 갑작스러운 30 dB 정도의 소음으로도 충분히 놀람 반응을 일으킬 수 있으며 이러한 반응은 대단히 중요한 수술을 하는 동안에 집중력과 경계심을 떨어뜨릴 수 있을 것이다. 또한 다양한 질병 및 외상으로 인해 회복 및 안정이 최우선인 환자들에게도 소음은 충분히 위협적일 수 있다.

소음이 큰 대표적인 진료 환경 중 하나인 치과 의료기관에서의 소음은 드릴, 외과 치료, 치과용 스케일링, 치아절삭 시 발생하는 것으로 대부분 진료 시에 발생한다. 소음의 수준과 인체 장애와 관련하여 70 dB(A)이 넘으면 말초혈관의 수축, 주의 집중력 저하로 작업능률이 떨어지는 현상이 나타날 수 있으며 80 dB(A)이 넘으면 청력 손실이 발생할 수 있다고

WHO에서 공고하였다.⁶⁴⁾ 실질적으로 치과 의료기관에서 진료 시 발생하는 소음과 청력 손실의 상관성을 명백히 입증할 연구는 현재 미비하지만 치과 의료기관 종사자들에게서 청력 손실 경향이 나타난다고 보고되고 있으며, 청력에 민감한 사람들의 경우 치과 드릴과 같은 저 위험도 소음에도 점진적으로 청력 손실이 발생할 수 있다.⁶⁵⁾ 또한 Choi와 Ji⁶⁶⁾의 연구 결과 치과 의료기관에서 발생하는 소음은 소음성난청이 발생하는 기준에 미치지 못하지만 70 dB(A) 이상의 높은 소음과 4 kHz 이상 고주파수의 특성이 있으므로 주의가 필요하며, 일반적으로 1~4 kHz의 주파수는 인간의 귀에 가장 민감하게 반응하는 주파수로 장시간 노출되었을 경우 청력 손실을 일으키기 때문에 치과 진료 시 가장 높은 소음과 고주파수로 측정된 치석 제거는 치과 의료진에게 가장 위험한 영향을 미칠 것으로 생각된다. 이와 같이 현재 환자 뿐만 아니라 의료기관 종사자에게도 지속적인 소음 노출은 청력 손실 및 스트레스의 원인이 될 수 있을 것이다. 그러나 병원 내에서 어떠한 소음에 대한 위험성의 인지와 HPD 관련 착용 규제는 현재 기반이 마련되어 있지 않은 실상이며 질 높은 의료 서비스와 안정된 환경을 조성하기 위하여 앞으로도 관심을 가져야 할 부분이다.

내용을 종합해보면, 병원 내에서의 진료실 소음은 치과 의료기관 종사자에게 정신적 피해 뿐만 아니라 육체적 피해도 함께 줄 수 있는 수준인 것을 알 수 있다. 소음에 대한 지식, 태도 및 실천이 청력 손실과 관련성이 있음을 많은 연구가 보고 하고 있다. 따라서 소음성난청 유소견자의 적절한 관리를 위해 병원만의 청력보존프로그램이 구체적으로 사후관리 지침이나 관리 내용을 수립할 필요가 있으며, 소음으로 인한 청력 손실 예방을 위해 소음 저감을 위한 노력과 함께 의료진 스스로에게 직접적으로 소음에 대한 지식, 태도 및 실천과 관련된 교육을 통해서 병원 내에서도 특히, 높은 소음이 주로 발생하는 치과와 같은 특정 병원 부서에서는 HPD 착용이 권고됨을 보여주고 있다.

For musicians

흔히 음악가들은 고주파 음의 높은 감쇠와 폐쇄효과의 이유로 HPD의 사용을 선호하지 않는 것으로 잘 알려져 있다.⁶⁷⁾ 이러한 문제는 전통적인 귀마개 형태에서 흔히 나타났으며 문제들을 극복하기 위해 많은 시도가 연구되었다. Etymotic Research에서는 일반적인 비맞춤형 이어플러그 뿐만 아니라 기본 주파수 또는 배음의 구조를 변경하지 않고 음향을 9 dB, 15 dB 또는 25 dB 만큼 감소시키는 음향 증폭기의 형태인 맞춤형 귀마개도 출시하였다.⁶⁸⁾ 이는 음악가의 청력을 보호하면서 동시에 음악적 경험을 향상시켜 음악가가 자신의 악기

를 듣고 다른 연주자와 균형을 잘 유지하도록 고안되었다. Chasin과 Chong⁶⁷⁾의 연구에서도 비맞춤형 귀마개 착용으로 들려지는 음악의 기본 주파수 혹은 조화음을 변화시키지 않고 착용하지 않은 귀보다 약 20 dB 낮은 음압을 제시하였다. 또한 약 30 dB의 고주파수 감쇠가 있는 귀마개도 음악가들에게 도입되었고, 벤트의 직경은 필터링해야 할 소리의 유형에 따라 변경시킬 수 있다.⁶⁷⁾ 그러나 이러한 벤트 변형의 귀마개는 다른 소음 악기에 가까이에 위치한 woodwind 또는 brass 악기 연주자들을 위해 사용할 것을 제안하였다. Vented earplugs는 저주파수와 중주파수의 음향을 약화시키지는 않지만 고주파수의 음향 에너지를 줄이기 때문에 vented earplug의 활용 시 다른 악기의 잡음에 방해하지 않으면서 자신의 악기를 들을 수 있다. 결론적으로, 음악가들은 음질에 영향을 미치지 않고 악기에서 발생하는 소리 강도를 적절히 감쇠할 수 있는 맞춤형 귀마개의 사용이 바람직하다.

In public

직업적 소음 외에도 일상생활에서 MP3 플레이어와 이어폰을 사용한 음악 청취, 콘서트 및 스포츠 경기 관람 등 여가활동으로 인한 일반인들의 비직업적 소음 즉, 유흥적 소음으로 크게 소음 노출을 두 가지로 구분할 수 있다. 또한, 전 세계적으로 빠른 속도로 스마트폰의 보급 및 확산으로 인해 현대인들은 별도의 음향기기 구입 없이도 일상생활 속 다양한 공간에서 스마트폰의 MP3 플레이어 기능을 통해 큰 소리로 음악 및 동영상을 시청하는 일이 점차 높아지고 있다. 이와 같이 스마트폰 사용의 증가로 인해 유흥적으로 소음성난청의 발병률이 꾸준히 증가하고 있지만, 허용소음노출 기준과 규제는 국제적으로 아직 정확히 획일화되지 않았다. 유럽에서는 2002년부터 휴대용 음향기기의 음량제한 기준을 100 dBA로 제한하였으며, 미국산업안전보건국에서는 100 dBA 소음노출 강도에서 2시간 이상의 사용을 제한하고 있다. 일본과 스위스에서는 이어폰이나 MP3 플레이어에 소음성난청 유발 가능성을 알려주는 경고문을 부착하여 허용소음노출 범위를 초과하지 않도록 큰 강도의 소음 노출을 제한하고 있으며, 세계보건기구(WHO)에서는 음향기기 최대 음량수준을 60% 이하로 하루 60분 이내로 듣는 60/60을 권고하고 있다.⁶⁹⁾ 국내의 경우도 2013년부터 MP3 플레이어, 스마트폰을 포함하여 휴대용 음향기기의 최대음량을 100 dB 이하로 제한하도록 권고하고 있다.

스마트폰을 구매할 경우, 기본으로 제공받는 이어버드형 이어폰을 사용하여 사용자들의 음악 청취 시간이 점차 늘어나고 있는 추세이며, 특히 Williams⁷⁰⁾의 연구 결과 주위의 배경 소음이 높은 상태에서 음악 청취 시 일정 강도 이상으로 볼륨

을 설정할 때 나타나는 경고 표시 안내 문구를 무시한 채, 큰 소리라고 인식하지 못한 상태로 자연스럽게 볼륨을 점차 높여 위험 수준의 소리에 노출되고 있다고 한다. 때문에 청소년 및 성인들은 소음성난청 뿐만 아니라 더 나아가 노인성난청이 조기화될 가능성이 있으니 항시 소음에 대한 경각심을 가져야 할 것이다.

또한 현대인들은 휴대용 음향기기의 사용으로 인한 지속적인 고강도의 소음 뿐만 아니라, 많은 사람들과 대화하며 발생하는 대화자 소음, 층간 소음, 거리의 자동차 경적 소음 등 다양한 종류의 환경 소음에 무의식중에 노출된다. 직업적 소음으로부터의 노출 뿐 아니라 이러한 일상생활에서 접하는 환경 소음 역시 고강도에 반복적으로 노출되면 소음성난청의 원인이 되며 그 예방법으로 HPD의 착용이 언급되고 있으나, 착용에 대한 경각심은 크지 않다. 예를 들어, Crandell 등⁷¹⁾의 연구에 따르면 젊은 성인 중 약 72%는 HPD를 착용하지 않으며 이에 대한 이유로는 귀에서 느껴지는 압박감, 불편하고 답답한 느낌, 그리고 의사소통 시 느껴지는 어려움 등을 언급하고 있다. 브라질 성인을 대상으로 한 Zocoli 등⁷²⁾의 연구에서는 소음 노출 시 HPD를 사용하는 태도나 습관은 개발도상국과 선진국에서 큰 차이를 보이지 않았으나, 전반적으로 모두 낮은 HPD의 착용률을 보고하였다. 이러한 결과들을 HPD의 사용이 소음성난청을 예방하는데 필수적일 수 있으나, 일반 대중들의 적극적인 사용 권장에 있어서는 가격, 디자인, 마케팅 등의 실용적인 요소가 여전히 미흡함을 나타내고 있다.

그 외에 국내에서 시행하고 있는 소음 관련 기본 법규로는 대상과 목적에 따라 소음진동관리법, 환경정책기본법, 항공법, 주택건설촉진법, 산업안전보건법으로 구분되어 있다. 2010년에는 생활소음의 규제기준이 개정되었으며, 소음진동관리법에서 공장 소음, 생활 소음, 교통 소음, 항공기 소음으로 구분하여 이에 대한 대책을 규정하고 있다. 소음성난청은 일반적인 광업, 제조업, 건설업과 군인 등의 고소음 노출 직종 뿐만 아니라 공공근무 종사자, 트럭 운전자, 가수 및 연주 음악가, 텔레마케터 등 여러 다양한 직종에서도 문제가 되고 있으며,¹⁾ 때문에 일상생활에서의 청력 보호에 대한 경각심을 충분히 가질 필요가 있다. 따라서 고소음 직종에 대한 예방을 포함하여 일상생활에서도 발생할 수 있는 소음성난청에 대해 좀 더 제도적으로 보완할 수 있는 안내서가 필요할 것이다.

결 론

소음은 현대인들이 생활하는 다양한 환경과 장소에서 발생되며, 특히 산업 현장에서는 여러 공정 과정에서 필연적으로

발생한다. 지속적인 소음으로부터 청력을 보호하기 위한 방법들 중 가장 대표적인 방법은 HPD의 효율적인 사용이다. HPD는 착용할 개인의 환경과 형태적 특징에 맞춰서 사용을 권장되고 있으며,¹¹⁾ 현재는 기성품부터 개인 맞춤형까지 다양한 종류가 출시되었고 주파수별 소음 감쇠 등의 다기능을 포함하는 등 고성능의 제품들도 빠르게 발전하고 있다.

기존 PHPD의 문제점인 신호대잡음비의 감소와 난청인들에게 적용하기 어려운 점을 보완하기 위해 AHPD가 개발되었으며, 이는 소음 감소율 기능을 기반으로 보다 착용자의 목적 및 환경에 적절하게 사용되고 있다. PHPD 착용은 조용한 상황 및 소음 상황에서의 청력 역할과 말소리 이해력을 저하시키지만, AHPD의 적절한 사용은 그 감소를 최소화시킬 수 있다. 이에 대해 청각학적인 측면에서 보고한 연구들에 따르면, 말소리의 탐지와 인지라는 관점에서는 평이한 소음 감소를 갖는 PHPD에 비해 AHPD의 사용으로 긍정적인 효과, 즉 소음은 감소시키면서 말소리의 이해는 유지됨을 보고하고 있다. 또한 음악 인지에 대해 보고한 선행 연구들은 공통적으로 AHPD의 사용이 음악을 인지하는데 있어서 음질 및 음색의 변질은 최소화하면서 제시되는 강도를 감쇠함으로써 청력을 보호하는 효과가 있음을 보고하였다.

결론적으로, HPD는 소음성난청을 예방하는데 효과적인 도구이며 이를 위해서는 다양한 소음에 노출되는 사용자의 사용 목적과 의도, 주변 환경을 고려해서 선택되어야 하지만, 이와 같은 요소들을 고려하기에는 현실적으로 사용자에게 주어지는 정보가 여전히 부족하다. 또한 최근 사용이 급증하는 일상생활에서의 HPD 접근성 및 보급도 한계가 있다.⁷³⁾ 따라서 관련 전문가들은 최근 발전하고 있는 HPD의 동향을 이해하고 그 사용 목적에 따른 적절성을 평가하여 소음에 노출되는 근로자 뿐만 아니라 일반 대중에게도 최적의 HPD 사용과 처방을 권고하는 것이 바람직하겠다.

Acknowledgments

This manuscript was developed as a part of activities for Hearing Conservation Class in Hallym University Graduate School, Major in Audiology. It was partially supported by the National Research Foundation of Korea (NRF-2017R1A1A1A05001299).

REFERENCES

- 1) Kim JM. The health effects of industrial noise. J Korean Soc Environ Eng 2007;29(2):131-7.
- 2) Pyykkö IV, Toppila EM, Starck JP, Juhola M, Auramo Y. Database for a hearing conservation program. Scand Audiol 2000;29(1):52-8.
- 3) Great American Insurance Group. OSHA 3074: highlights of federal hearing conservation program [cited 1983 Apr 7]. Available from: URL: <http://www.greatamericaninsurancegroup.com/docs/default-source/loss-prevention/f13407highlights-of-fed-hearing-conservation-prog.pdf>.
- 4) Maisarah SZ, Said H. The noise exposed factory workers: the

- prevalence of sensori-neural hearing loss and their use of personal hearing protection devices. *Med J Malaysia* 1993;48:280-5.
- 5) Rawool VW. Conservation and management of hearing loss in musicians. In: Rawool VW, editor. *Hearing Conservation in Occupational, Recreational, Educational, and Home Settings*. 1st ed. New York: Thieme;2012. p.201-23.
 - 6) Ewigman BG, Kivlahan CH, Hosokawa MC, Horman D. Efficacy of an intervention to promote use of hearing protection devices by firefighters. *Public Health Rep* 1990;105(1):53-9.
 - 7) Lusk SL, Ronis DL, Hogan MM. Test of the health promotion model as a causal model of construction workers' use of hearing protection. *Res Nurs Health* 1997;20(3):183-94.
 - 8) Na WD, Han WJ. A review of hearing conservation program in military services: US army hearing program. *Audiol Speech Res* 2016;12(1):1-11.
 - 9) Johnson PA. A historical perspective on hearing protection. *Hearing Review* 2017;24(2):16-7.
 - 10) Acton WI. History and development of hearing protection devices. *J Acoust Soc Am* 1987;81(S1):S4-S5.
 - 11) Casali JG, Lam ST, Epps BW. Rating and ranking method for hearing protector wearability. *J Sound Vib* 1987;21(12):10-8.
 - 12) 3M™. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~3M-E-A-R-Caboflex-Model-600-Hearing-Protector-320-2001-100-Pair-Case/?N=5002385+3294780199&rt=rud#variation4.
 - 13) PHISICK. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: <http://phisick.com/item/mallock-armstrong-ear-defenders/>.
 - 14) 3M™. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: <https://www.grainger.com/product/3M-33dB-Disposable-CylinderShape-3NHJ5>.
 - 15) eBay. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: <https://www.ebay.com/itm/WWII-Ear-Warden-Ear-Plugs-V-51R-Size-Small-Free-Shipping/291140883286?hash=item43c9595356:g:Z5cAAOxy9X5TaDiZrk:11:pf:0>.
 - 16) SETON. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: <https://www.seton.com/howard-leight-noise-blocking-qm24-earmuffs-6068c.html>.
 - 17) FreshTrends. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: <https://www.freshtrends.com/cgi-bin/item/6176-6188>.
 - 18) AliExpress. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: <https://www.aliexpress.com/item/Top-Quality-1-pair-Silicone-Ear-Plugs-Anti-NoiseSnore-Earplugs-Comfortable-For-Study-Sleep/32525145513.html>.
 - 19) 3M™. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: <https://www.aliexpress.com/item/Top-Quality-1-pair-Silicone-Ear-Plugs-Anti-NoiseSnore-Earplugs-Comfortable-For-Study-Sleep/32525145513.html>.
 - 20) Draper. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: <https://www.amazon.co.uk/Draper-69933-Safety-Helmet-Defenders/dp/B0001KA1HQ>.
 - 21) Perfect-Fit™. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: <https://www.earplugstore.com/er915and25pr.html>.
 - 22) Westone. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: <https://www.parts-express.com/westone-ety-plug-etymoticearplugs-baby-blue--242-3566>.
 - 23) Etymotic. Hearing protection. [cited 2018 May 18]. Available from: URL: <https://www.guitarcenter.com/Etymotic-Research/ER20XS-Earplug-Universal-Fit-in-Clamshell.gc>.
 - 24) 3M™. Hearing protection. [cited 2018 May 24]. Available from: URL: <http://multimedia.3m.com/mws/media/1381067O/04-hearing-protection.pdf>.
 - 25) 3M™. Hearing protection. [cited 2018 May 24]. Available from: URL: <https://www.med.navy.mil/sites/nmcphc/Documents/oem/Hearing-Protection.pdf>.
 - 26) 3M™. Hearing protection. [cited 2018 May 24]. Available from: URL: <https://earinc.com/product/caboflex-model-600/>.
 - 27) 3M™. Hearing protection. [cited 2018 Jun 7]. Available from: URL: https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~3M-PELTOR-Tactical-Earplug-TEP100-1-Kit-EA-Case/?N=5002385+3292682142&rt=rud.
 - 28) Etymotic. Hearing protection. [cited 2018 Jun 7]. Available from: URL: <https://www.etymotic.com/consumer/hearing-protection/mp915.html>.
 - 29) Etymotic. Hearing protection. [cited 2018 Jun 7]. Available from: URL: <https://www.etymotic.com/consumer/hearing-protection/mp915.html>.
 - 30) Westone. Hearing protection. [cited 2018 Jun 7]. Available from: URL: <https://www.westone.com/store/defendear/index.php/defendear-shooter>.
 - 31) SportEAR. Hearing protection. [cited 2018 Jun 7]. Available from: URL: <https://www.sportear.com/products/ghost-stryke-black?variant=39487162254>.
 - 32) Honeywell. Hearing protection. [cited 2018 Jun 7]. Available from: URL: https://www.honeywellsafety.com/Products/Hearing/Hearing_Protection/Impact_Sound_Amplification_Earmuff.aspx?site=/Europe.
 - 33) 3M™. Hearing protection. [cited 2018 Jun 7]. Available from: URL: https://www.3m.com/3M/en_US/company-us/all-3m-products/~3M-Digital-WorkTunes-Hearing-Protector-and-AM-FM-Stereo-Radio-featuring-Voice-Assist/?N=5002385+3294427467&rt=rud.
 - 34) Honeywell. Hearing protection. [cited 2018 Jun 7]. Available from: URL: https://www.honeywellsafety.com/Products/Hearing/Hearing_Protection/Impact_Pro.aspx?site=au.
 - 35) Honeywell. Hearing protection. [cited 2018 Jun 7]. Available from: URL: <http://www.howardleight.com/ear-muffs/sync>.
 - 36) Honeywell. Hearing protection. [cited 2018 Jun 7]. Available from: URL: <https://www.specshop.pl/product-eng-16763-Earmor-Hearing-Protection-Earmuff-for-Helmets-M31H-Mod-1-Black.html>.
 - 37) Abel SM, Alberti PW, Haythornthwaite C, Riko K. Speech intelligibility in noise: effects of fluency and hearing protector type. *J Acoust Soc Am* 1982;71(3):708-15.
 - 38) Casali JG, Berger EH. Technology advancements in hearing protection circa 1995: active noise reduction, frequency/amplitude-sensitivity, and uniform attenuation. *Am Ind Hyg Assoc J* 1996;57(2):175-85.
 - 39) Brown AD, Beemer BT, Greene NT, Argo IV T, Meegan GD, Tollin DJ. Effects of active and passive hearing protection devices on sound source localization, speech recognition, and tone detection. *PLoS One* 2015;10(8):e0136568.
 - 40) Letowski T, McGee L. Detection of warble tones in wideband noise with and without hearing protection devices. *Ann Occup Hyg* 1993; 37(6):607-14.
 - 41) Fernandes JC. Effects of hearing protector devices on speech intelligibility. *Appl Acoust* 2003;64(6):581-90.
 - 42) Tufts JB, Frank T. Speech production in noise with and without hearing protection. *J Acoust Soc Am* 2003;114(2):1069-80.
 - 43) Abel SM, Armstrong NM, Giguère C. Auditory perception with level-dependent hearing protectors. The effects of age and hearing loss. *Scand Audiol* 1993;22(2):71-85.
 - 44) Noble WG, Russell G. Theoretical and practical implications of the effects of hearing protection devices on localization ability. *Acta Otolaryngol* 1972;74(1):29-36.
 - 45) Bolia RS, D'Angelo WR, Mishler PJ, Morris LJ. Effects of hearing protectors on auditory localization in azimuth and elevation. *Hum Factors* 2001;43(1):122-8.
 - 46) Zimpfer V, Sarafian D. Impact of hearing protection devices on sound localization performance. *Front Neurosci* 2014;8:135.
 - 47) Simpson BD, Bolia RS, McKinley RL, Brungart DS. The impact of hearing protection on sound localization and orienting behavior. *Hum Factors* 2005;47(1):188-98.

48) Killion MC. Factors influencing use of hearing protection by trumpet players. *Trends Amplif* 2012;16(3):173-8.

49) O'Brien I, Beach E. Hearing loss, earplug use, and attitudes to hearing protection among non-orchestral ensemble musicians. *J Audio Eng Soc* 2016;64(3):132-7.

50) Laitinen H, Poulsen T. Questionnaire investigation of musicians' use of hearing protectors, self reported hearing disorders, and their experience of their working environment. *Int J Audiol* 2008;47(4):160-8.

51) Santoni CB, Fiorini AC. Pop-rock musicians: assessment of their satisfaction provided by hearing protectors. *Braz J Otorhinolaryngol* 2010;76(4):454-61.

52) Lee YS. A study on noise generation and awareness of the fire alarm sound in the factory. *J Korea Saf Manag Sci* 2015;17(4):97-103.

53) McBride DI. Noise-induced hearing loss and hearing conservation in mining. *Occup Med (Lond)* 2004;54(5):290-6.

54) Korea Occupational Safety and Health Agency. Guideline on use and management of hearing protection device 2014 [cited 2014 Nov 11]. Available from: URL: http://guide.kosha.or.kr/kosha/media/guidance_H.do?mode=download&articleNo=102812&attachNo=86522.

55) Nakashima A, Abel SM, Smith I. Communication in military environments: influence of noise, hearing protection and language proficiency. *Appl Acoust* 2018;131:38-44.

56) U.S. Department of The Army. Department of the Army Pamphle (DA PAM): Army hearing program [cited 2015 Jan 1]. Available from: URL: http://www.crdamc.amedd.army.mil/prev-med/_files/iaw_da_pam_40-501.pdf.

57) U.S. Department of The Army. Standard Text (ST) 4-02.501: Army hearing program. [cited 2008 Feb 1]. Available from: URL: <https://www.med.navy.mil/sites/nmcphc/Documents/oem/ST-4-02-501-ARMY-HEARING-PROGRAM.pdf>.

58) Collée A, Legrand C, Govaerts B, Van Der Veken P, De Boedt F, Degrave E. Occupational exposure to noise and the prevalence of hearing loss in a Belgian military population: a cross-sectional study. *Noise Health* 2011;13(50):64-70.

59) Kim KS, Kim JH, Yoon YH. The characteristics of tinnitus and its relationship to depression from tinnitus acquired from military service. *Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg* 2012;55(12):757-63.

60) Force, U.A. Occupational noise and hearing conservation program [cited 2016 Feb 6]. Available from: URL: www.e-publishing.af.mil/.

61) U.S. Department of Transportation. Flight standards service (AFS) hearing conservation program. 2014 Aug [cited 2018 May 2]. Available from: URL: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Order/Order_IR_3900.75.pdf.

62) Hodge B, Thompson JF. Noise pollution in the operating theatre. *Lancet* 1990;335(8694):891-4.

63) Kam PC, Kam AC, Thompson JF. Noise pollution in the anaesthetic and intensive care environment. *Anaesthesia* 1994;49(11):982-6.

64) World Health Organization. Guidelines for community noise [cited 1999 Apr 30]. Available from URL: <http://www.who.int/iris/handle/10665/66217>.

65) Merrell HB, Claggett K. Noise pollution and hearing loss in the dental office. *Dent Assist J* 1992;61(3):6-9.

66) Choi MS, Ji DH. A study on the dental hygienists' reactions to noise when occurred in dental clinic. *J Dent Hyg Sci* 2009;9(4):453-9.

67) Chasin M, Chong J. An in situ ear protection program for musicians. *Hearing Instruments* 1991;42(12):26-8.

68) Safety and Health in Arts Production and Entertainment. Noise and hearing loss in musicians [cited 2005 Aug 20]. Available from: URL: <http://www.musicmotion.com/images/hearinglossmusicians.pdf>.

69) World Health Organization. Hearing loss due to recreational exposure to loud sounds: a review. [cited 2015 Apr 30]. Available from: URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/154589/9789241508513_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

70) Williams W. Noise exposure levels from personal stereo use. *Int J Audiol* 2005;44(4):231-6.

71) Crandell C, Mills TL, Gauthier R. Knowledge, behaviors, and attitudes about hearing loss and hearing protection among racial/ethnically diverse young adults. *J Natl Med Assoc* 2004;96(2):176-86.

72) Zocoli AM, Morata TC, Marques JM, Corteletti LJ. Brazilian young adults and noise: attitudes, habits, and audiological characteristics. *Int J Audiol* 2009;48(10):692-9.

Park SI, Lee YJ, Kim HS, Ahn KD, Lee BK. The effects on the wearing rate of hearing protector by checking wearing protector. *Soonchunhyang Journal of Industrial Medicine* 2001;7:25-31.

정답 및 해설

답 ③

해설 양측성 외이도 폐쇄증 환자는 가급적 조기에 청력검사를 시행한 후 골도 보청기를 착용시킨다. 소아에게는 이식형 보청기를 처방하지 않는다. 양측성의 경우 4~5세에 청력 증진을 위한 수술을 고려해야 한다. 이때쯤이면 청력검사가 가능하고, 측두 골 함기화가 완성되며, 이개성형술도 이 시기에 행해지고, 수술 후 치료에도 환자가 협조할 수 있기 때문이다. Jahrsdoerfer grade 6 미만인 경우, 골도보청기를 사용하고 이개성형술만 시행한다. Jahrsdoerfer grade 6 이상인 경우, 4~6세경에 이개성형을 먼저 시행 후, 외이도 폐쇄증 수술을 시행한다. 외이도 진주종일 때는 단층촬영이나 청력검사 결과와 관계없이 수술을 고려한다. 농성 이루나 감염, 급성 안면신경마비, 선천성 진주종 등이 있으면 응급 수술을 고려한다. 참고문헌: 대한이비인후과학회. 이비인후과학-두경부외과학(개정판). 서울: 일조각;2009. p.572.